

水中型分光光度計を用いた栄養塩連続観測と溶出速度直接測定を試み

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 入江政安・林政宏

1. はじめに

水域での植物プランクトンの異常発生などの問題に水質監視は重要であるが、内部生産に必要な窒素・リンを連続観測するためには、多大な備船費や大がかりな設備投資が必要となることが多く、実施は現実的には難しいことが多い。今回、実験室同等の無機態窒素、リンの分析を水中で直接実施可能な水中型分光光度計 (Green Eyes 社製 Ecolab II) を導入し、実際の海域で設置し、観測を試みたので、沖合の観測塔での実測、および砂浜前面でのアンモニア態窒素、リン酸態リンの溶出量直接測定の結果について報告する。



図-1 EcoLAB II の外観

2. 神戸港波浪観測塔での栄養塩連続観測 (海岸工学講演会に投稿中)

実験室において、学内のため池で採水した水、海水などを用いて添加法により、Ecolab II とオートアナライザー (ピーエルテック製) による比較検証を行い、一定程度の精度が得られることを確認した。その後、2016年7月19日から28日の期間に、兵庫県神戸港内にある神戸港波浪観測塔にEcolab IIを設置して計測を行った。設置位置はT.P.-2.24mに固定であり、潮汐により水深が変化する。調査項目はアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸および硝酸態窒素 ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$)、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の3種類であり、これら3項目が順に分析され、測定間隔はそれぞれ2時間おきとなる。

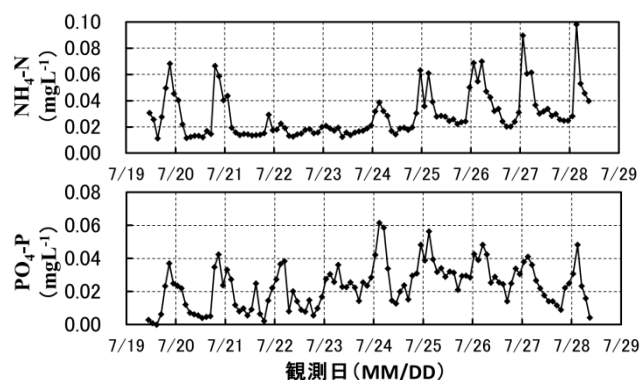


図-2 EcoLAB II により観測された $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の時系列変化

図-2に期間中に観測された $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の時系列変化を示す。合わせて同地点で別途、国土交通省近畿地方整備局により、多項目水質計を用いて自動観測されている水温、塩分の鉛直分布の時系列変化を図-3に示す。図-3に示す計測においては水表面を基準としている。図-2において、 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の濃度が昼間に低く、夜間に高い傾向が示されている。これは、潮汐により、違う水深の濃度を計測しているように一見見えるが、図-3の水表面基準の観測値でもよく似た周期変動が認められることから、少なくとも水平移流もしくは水質の日周変動の影響を受けていることが分かる。概して、表層における水温が低く、塩分が高い時に栄養塩濃度が高くなる傾向が認められることから、水平移流に伴う、違う性質の水塊の通過による影響とも見ることができる。ただし、観測されている流速との明瞭な相関は認められなかった。

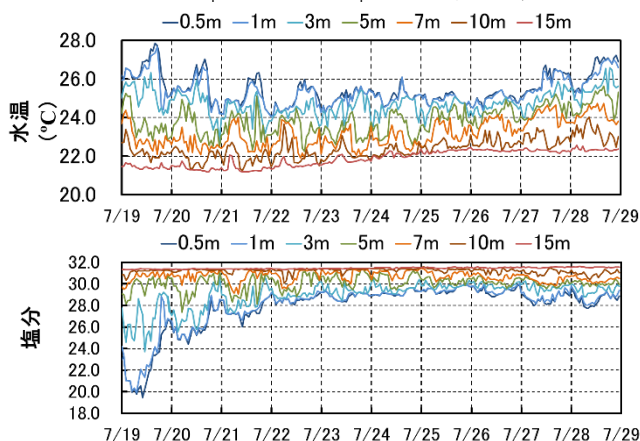


図-3 多項目水質計により観測された水温・塩分の鉛直分布の時系列変化

$\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ とクロロフィル a、光量子との相関 (図-4) を見ると、クロロフィルが $10\mu\text{mgL}^{-1}$ 程度になるとき、あるいは、光量子が $50\mu\text{mol}$ を越えるとき、 $\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は著しく低くなり、

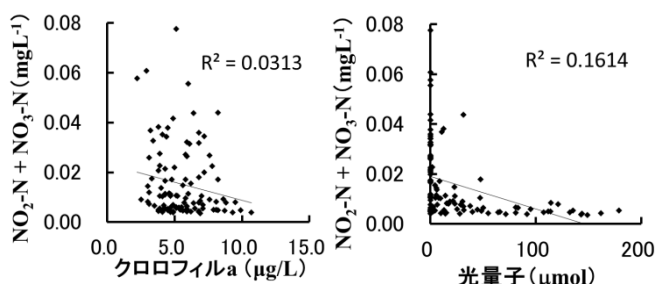


図-4 $\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と光量子、クロロフィルとの相関

内部生産にほとんど利用されてしまっていることを示している。また、このとき DO は過飽和となっていることもその証拠となる。

3. 大阪湾湾奥部砂浜での溶出速度直接測定

続いて、栄養塩直接観測の活用事例として、砂浜前面での栄養塩溶出量の直接測定を試みた。図-5 に観測時の設置概要を示す。観測は2016年11月6日に、兵庫県芦屋市にある香櫨園浜（隣接する西宮市甲子園浜と合わせて全長700m）において実施した。水中には、内寸310mm×455mmの面積となる長方形黒色チャンバーを底面上のチャンバー高さが165mmとなるよう設置した。サンプリングによる人工的な溶出を防ぐため、チャンバー上部に収縮可能なバッグを設けた。ただし、DOはコントロールできていない。このチャンバー内の底質直上水をサンプリングし、そのまま現地で分析した。合わせて、近傍で、内径11cm、長さ50cmの亚克力管を用いてコアサンプリングを実施し、20～25cmの不攪乱柱状泥を実験室に持ち帰り、実験室において溶出試験を実施した。コア直上水は、実験室において、付近海水をろ過したものに入れ替えた。

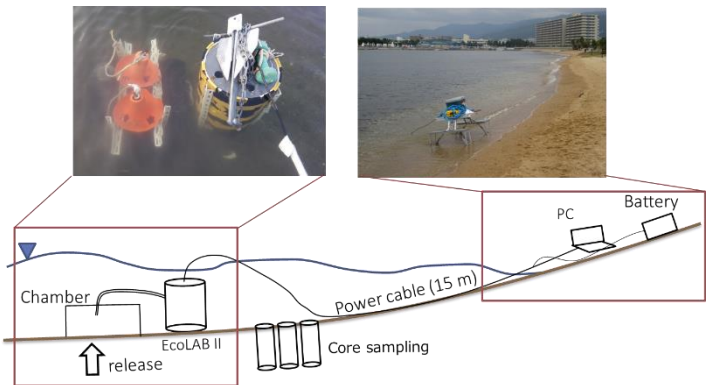


図-5 栄養塩溶出量直接測定における機器設置概要図

図-6 にチャンバー内の $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の時系列変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は観測期間中、一定速度で上昇し、適切に溶出量を測定していることが分かる。一方で、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は14時頃を境に、濃度の上昇速度が変化していることが分かる。これらの結果から溶出速度を算定した結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度は $98\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出速度は、期間を通して評価した場合、 $9.9\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ となった。これを14時前後の2つの期間に分けると、前半の溶出速度は $2.8\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ 、後半の溶出速度は $23.3\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ となり大きく異なっていることが分かる。一方で、実験室での溶出試験（図-7）では、実験開始時と48時間後との比較によると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度は $115\sim 162\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出速度は、期間を通して評価した場合、 $14.5\text{-}24.4\text{mg m}^{-2}\text{ day}^{-1}$ となった。現地での溶出速度の直接測定結果は、 $\text{NH}_4\text{-N} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ ともに、実験室で分析するより低くなった。

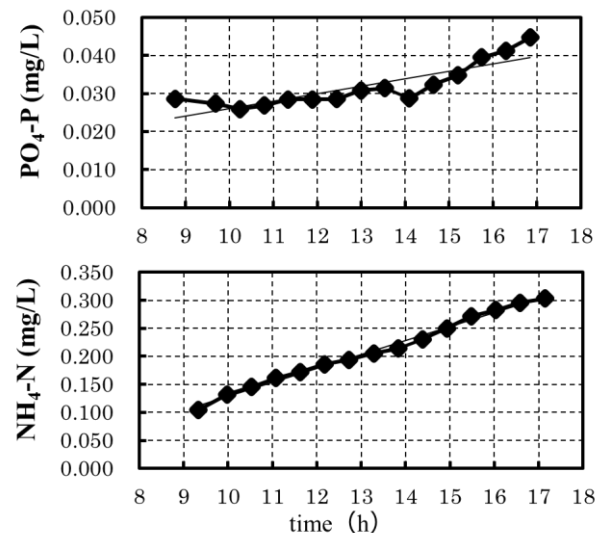


図-6 現地チャンバー内の $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の時系列変化

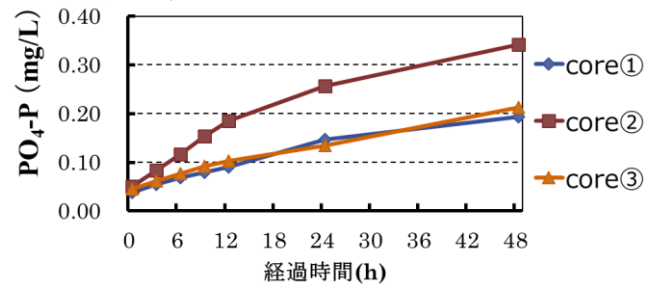


図-7 実験室で溶出試験におけるコア直上水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ 時系列変化

4. さいごに

今回、実施した2種類の現地直接観測により、新たに導入した水中型分光光度計はより詳細な、短時間の栄養塩変動を把握することが可能であることを示した。一方で、調査地点付近の物質循環構造を把握するためにはより長期の調査の実施が必要であると言え、今後も観測を継続したい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP25709042 により実施した。記して深甚の謝意を表する。